

2/9

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-516021

(P2001-516021A)

(43) 公表日 平成13年9月25日 (2001.9.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 1 M 11/02

G 0 1 M 11/02

F

N

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2000-510013(P2000-510013)  
(86) (22) 出願日 平成10年8月14日 (1998.8.14)  
(85) 翻訳文提出日 平成12年2月18日 (2000.2.18)  
(86) 国際出願番号 PCT/US98/16920  
(87) 国際公開番号 WO99/09397  
(87) 国際公開日 平成11年2月25日 (1999.2.25)  
(31) 優先権主張番号 60/055,677  
(32) 優先日 平成9年8月18日 (1997.8.18)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

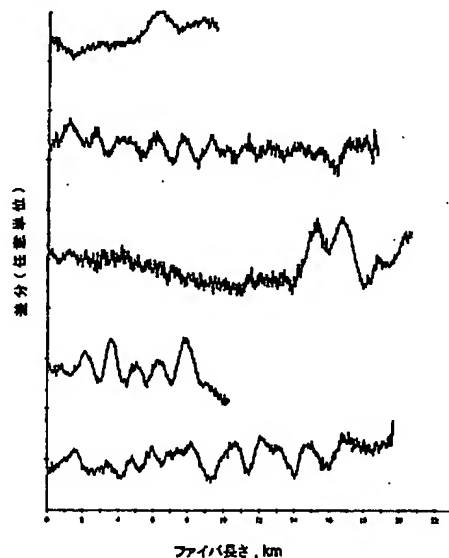
(71) 出願人 コーニング インコーポレイテッド  
CORNING INCORPORATE  
D  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニ  
ング (番地なし)  
(72) 発明者 ハスキンス ローリー エル.  
アメリカ合衆国 ノースダコタ州 28412  
ウィルミントン オーウェンズコート  
702  
(72) 発明者 バンダポート アネット エル.  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14830  
コーニング マーフィーロード 2348  
(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波モード分散の高いレベルを示す光ファイバの識別方法

(57) 【要約】

偏波モード分散 (PMD) の高いレベルを示す光ファイバの識別方法を提供する。本方法は、光時間領域後方散乱 (OTDR) 測定から得られる差分図によってなされる。このような差分図の周期パターンは、PMDの高いレベルを有するファイバにおいて見出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバの偏波モード分散の高いレベルを検出する方法であって、

a) 光学的時間領域反射率計(OTDR)を使用して光ファイバの第1の端部に光を照射するステップと、

b) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの前記第1の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第1群の値を生成するステップと、

c) OTDRを使用して光ファイバの第2の端部に光を照射するステップと、

d) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの前記第2の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第2群の値を生成するステップと、

e) 前記第1群の値及び前記第2群の値から、ファイバの長さ方向に沿ったファイバのモードフィールド直径の変化を示す値である第3群の値を形成するステップと、

f) 前記第3群の値のファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、少なくとも1つの所定の特徴を有するPMDの高いレベルを示す周期パターンを検出するステップと、

からなることを特徴とする光ファイバの偏波モード分散の高いレベルを検出する方法。

【請求項2】 前記ステップe)における前記第3群の値は、前記第1群の値と前記第2群の値の間の差であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記第3群の値は、前記第1群の値と前記第2群の値の間の差から得られるモードフィールド直径の値によって構成されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記ステップf)は、

i) 前記第3群の値をスムージングするステップと、

ii) スムージングした前記第3群の値を傾斜値に変換するステップと、

iii) 傾斜値の周期数を数えるステップと、

からなることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】 前記少なくとも1つの所定の特徴は、前記第3群の値の周期間隔、前記第3群の値の最大の傾斜値、前記第3群の値の最小の傾斜値、前記第3群の値の最大ピークとピークの差の値及び前述の値の2つ以上の組合せ値、からなる群から選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記少なくとも1つの所定の特徴は、前記第3群の値の周期間隔であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】 ステップ(a)から(e)は、単一のブランクから線引きされるファイバの少なくとも2以上の個々の長さにおいて実行されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】 ファイバの前記個々の長さにおける各前記第1群の値、前記第2群の値及び前記第3群の値は、接続されて、ファイバの総長さに沿ったファイバのモードフィールド直径の変化を示す第4群の値を形成することを特徴とする請求項7記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバに関し、特に、偏波モード分散（PMD）の高いレベルを示す光ファイバの識別方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、PMDは、ファイバ光通信システムの設計において重要な因子となっている。ネットワーク内を長い距離だけ伝搬した後に、1つのデジタル・パルスが時間領域（time domain）内で拡幅されて、隣接パルスとの識別が出来なくなる場合、PMDの影響がファイバシステムにおいて顕著となる。PMDによって拡幅されるパルスは、データ伝送にエラーをもたらし、パルス送信速度若しくは接続されるファイバ媒体における最大距離を大幅に制限し得るのである。

## 【0003】

故に、ファイバ製造の当業者においては、特に、高データ信号速度の長距離通信システムを対象とした製品向けのファイバに低いPMDを付与することに注目しているのである。しかしながら、PMDを直接計測するには、高価な処理手段を必要とする。故に、低いPMD光ファイバであっても、高いPMDファイバにおける測定と同様に、簡便且つ間接的に測定できれば、測定（品質管理）コストを減じて、引いては全体的な製造コストを減じて、当業界において大きな価値を有するであろう。光時間領域後方散乱測定（OTDR）は、光ファイバの各種の特性を計測するために用いられている。OTDRは、光導波路ファイバにレーザ光の短いパルスを送信して、光源へ向けて後方散乱してくる光の微小な一部分を観測することによって動作する。典型的なパルス幅は、0.5メートル（5ナノ秒）から、2000メートル（20マイクロ秒）までの範囲である。

## 【0004】

通常、かかる試験においては、ファイバは、「ピグテール」の如き、公知の比較的短い長さのファイバ（例えば、1キロメートルの長さのファイバ）によって、OTDRに接続される。OTDRでは信頼できる情報を得ることの出来ないファイバの始

点の如きデッドゾーン (deadzone、非線形領域) を、このピグテールは、減じるのである。更に、性能を向上させるためには、屈折率補償油がピグテールとファイバとの間の接続部に使用され得る。

#### 【0005】

典型的なOTDR図を図1に示す。dBで表される戻りパワーは、y軸に沿ってプロットされ、ファイバの距離は、x軸に沿ってプロットされる。この図の多様な特徴は、参照番号1から9によって識別される。ここで、番号1は、OTDRとピグテールとの間の接合部で生じる反射を示す。番号2は、ピグテールから得られる軌跡を示す。番号3は、当該試験におけるピグテールの終点位置、すなわちファイバの始点の位置を示す。番号4は、ピグテールとテストファイバとの間の接合によって生じる反射及びこれに関連するデッドゾーンを示す。番号5は、図の情報が信頼できるデッドゾーン近傍端部 (ファイバの始点) の後方の最初の位置を示す。番号6は、ファイバの始点とファイバの物理的端部 (ファイバの終点) との間のファイバの軌跡を示す。番号7は、ファイバの終点を示す。番号8は、ファイバの端部で起こる反射を示す。番号9は、OTDR図の固有雑音レベルを示す。

#### 【0006】

OTDR図の周期パターンに関するいくつかの文献が刊行されている。例えば、1995年1月24日のTIA 6.6.5定例会 (Standards Meeting) において、ケーシ・シアア・オブ・フォトン・カインेटイクス (Casey Shaar of Photon Kinetics) に「凹凸を有するファイバ効果 (Bumpy Fiber Effects)」と題するレポートが掲載されている。このレポートでは、OTDR図のリプル状パターンを報告している。このリプルは、偏波効果によって若しくはOTDR光源スペクトルによって生じると述べている。

#### 【0007】

このレポートのリプルは、本発明のものとは異なる。すなわち、それらは、本発明の周期パターンよりも非常に短い周期 (例えば、2から3キロメートルであるのに対して、200から300メートル) を有しており、波長 (例えば、1310ナノメートルから1550ナノメートルまで) とともに大きく変化し、特に、ファイバの両端部から観測したときに大きく変化するのである。さらに、この文献のリプルは、

生のOTDR図においてある「特徴」（周期間隔、大きさ、形）を有しているが、モードフィールド直径（MFD）の図において異なる特徴（リプルは、建設的にまたは破壊的に加わり得る）を有している。対照的に、本発明における生のOTDR図の周期は、MFD図の位相と結合して、周期毎の振幅を増加させるが、周期間隔及び形は不変である。

#### 【0008】

ガーンハム（Garnham）氏の米国特許第5,518,516号では、プリフォームのレイダウン工程の間に導入される螺旋形の隆起によって生じるとされるOTDR図のリプルについて記載している。この特許では、この種のリプルを除去するためのプリフォームの製造方法を述べている。ブランクの全ての長さに亘って、おおむね延在しているリプルについて、ガーンハム氏は述べているが、本発明の課題であるリプルは、ブランクの異なる部分で開始し且つ終了している。すなわち、ガーンハム氏の述べたタイプのリプルは、PMDの高いレベルに相関していないことが判る。

#### 【0009】

本発明に関して、前述のフォトン・カイネティクス誌だけでなく、ガーンハム特許も、OTDR図又はMFD図におけるリプルは、PMDの高いレベルを示すファイバの識別に使用し得ることの、いかなる示唆をも含まない点に注意することが重要である。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記を鑑みて、本発明の目的は、PMDの高いレベルを示す光ファイバを識別するための改良された方法を提供することにある。更に詳細には、本発明の目的は、この種のファイバを識別するための容易に使用することの出来る間接的な方法を提供することである。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

上記及び他の目的を成し遂げるために、本発明は、光ファイバにおける偏波モード分散の高いレベルを検出する方法を提供する。当該方法は、

- a) OTDRを使用して光ファイバの第1の端部に光を照射するステップと、
- b) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの第1の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第1群の値を生成するステップと、
- c) OTDR (ステップ(a)において使用されるものと同じOTDR若しくは異なるOTDR)を使用して光ファイバの第2の端部に光を照射するステップと、
- d) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの第2の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第2群の値を生成するステップと、
- e) 第1群の値及び第2群の値から、ファイバの長さ方向に沿ったファイバのモードフィールド直径の変化を示す値である第3群の値を形成するステップと、
- f) 第3群の値のファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、少なくとも1つの所定の特徴を有するPMDの高いレベルを示す周期パターンを検出するステップ、と、からなる。

#### 【0012】

#### 【発明の実施の形態】

本明細書に添付の図面は、本発明の好適な実施例を示すとともに、発明の詳細な説明の記載とともに本発明の原理の説明を与える。言うまでもなく、図面及び発明の詳細な説明の記載は、記述的なものであって、本発明に制限を与えるものではないことを理解されるであろう。

#### 【0013】

以下の用語及び略手順は、本発明における好適な実施例に適合する。

(1) 後方散乱図：光導波路ファイバの一端部からOTDRによって計測した後方散乱パワーの対数プロットである。これは、通常、一本のプロット線となる。前述の第1群及び第2群の値は、後方散乱図としてプロットされ得る。

(2) 茶色の端部/緑色の端部：一方向性のOTDR測定が行われる特定の端部。緑色の端部及び茶色の端部の用語は、上記及び特許請求の範囲においては、第1の端部及び第2の端部に対応している。

#### 【0014】

(3) 双方向性反転：茶色の端部から計測したとき、図は、両方の位置で反転して、緑の端部からの図と一列の値に反転される。位置の反転は、実際のファイバの始点及び終点の識別、ピグテール及び端部反射の除去及び茶色端部図とのオフセット値の加算を必要とする。端部の識別は、ピグテールスプライス及びファイバ端部での反射を用いて行い得る。OTDR図の較正は、反射タイプの不連続性を有するファイバを使用して行うことができる。双方向性反転は、高いPMDファイバを識別するために使用される第3群の値を得る際に実行される。

#### 【 0 0 1 5 】

(4) 差分図：茶色の端部図が双方向反転された後の茶色の端部及び緑色の端部の図の間の差である。茶色の端部図が方向だけでなく、値も反転されるならば、差分図は単に茶色の端部と緑色の端部図を加えることによって得ることができる。差分図は、第3群の値の好ましい形態を構成する。

(5) MFD変化プロット：所望とする場合、差分図は、以下の方程式を使用してMFD変化プロットに変換することができる。

#### 【 0 0 1 6 】

##### 【 数 1 】

$$MFD(x) = MFD(0) \cdot 10^{y(x)/20}$$

ここで、 $x$  はファイバに沿った距離、 $MFD(0)$  はファイバの端部 ( $x=0$ ) でのモードフィールド直径の計測値、 $y(x)$  は差分図である。MFD変化プロットは、所望の場合、第3群の値として使用することが出来る。

本発明によれば、これらの差分図において、周期パターンを示すPMDの高いレベルを有するファイバを見出した。図2及び3は、この効果を示す。ここで、図2は、PMDの低いレベルを示す5つのファイバの差分図を示す。一方、図3は、PMDの高いレベルを示す5つのファイバを示す。これらの図を比較すると、明らかに、高いPMDファイバにおいて、周期パターンを示すことがわかる。

#### 【 0 0 1 7 】

特に、周期パターンの間隔の決定の如き、周期パターンの間隔の定量化は、図4に示される手順によって、好ましくは実行される。

図4Aは、最初の生データ、詳細には、OTDR測定によって得られた差分図を示



す。この図の生データは、1,238の差分図値 (0...last) からなり、ファイバの長さ方向に沿って、0.0102キロメートル毎のデータポイント間の間隔 ( $\delta$ ) を有する。

#### 【0018】

定量化法における第1のステップとして、生データは、例えば、ノイズを減じる9-タップボックスカーフィルタ (9-tap boxcar filter) を使用して、好ましくはスムージングされる。図4Bは、図4Aにこのようなフィルタを加えた結果を示す。

傾斜データは、このようにしてスムージングされたデータから得られる。決定された傾斜値 (" $y_m$ " 値) に対する適当な "window" は、例えば、100のデータ・ポイント、すなわち、 $\delta = 0.0102$  キロメートルでは約1キロメートルである。

半サイクル計算は、1/2サイクルから次までの遷移点を識別する閾値を用いて、図4Cの傾斜データを換算する。図4Dは、遷移点で第1のカットを得るために、図4Cのデータに以下の方程式を適用した結果を示す。ここで閾値 (" $thresh$ ") は、0.02dB/kmに選択されている。

#### 【0019】

【数2】

$$y_{t_j} = \text{if} \left[ y_m, \geq \text{thresh}, \text{thresh}, \left( \text{if} \left[ y_m, \leq -\text{thresh}, -\text{thresh}, 0 \right] \right) \right]$$

ここで、「if (基準 a, b)」は、基準が満たされていれば、値「a」を有し、満たされなければ値「b」を有する。

遷移点の識別を完成させるために、以下の方程式が図4Dのデータに適用されて、図4Eのデータを生成する。

#### 【0020】

【数3】

$$\text{prev}_0 = 0$$

$$j2 = 1 \dots \text{last} - \text{window} + 1$$

$$\text{prev}_{j2} = \text{if}(y_{t_{j2}} = \text{thresh}, \text{thresh}, 0)$$

$$\text{prev}_{j2} = \text{if}(y_{t_{j2}} = -\text{thresh}, -\text{thresh}, \text{prev}_{j2})$$

$$\text{prev}_{j2} = \text{if}(y_{t_{j2}} = 0, \text{prev}_{j2-1}, \text{prev}_{j2})$$

半サイクル計算は、以下の手順を用いて、図4Eのデータに容易に実行される。  
ここで変数「level」は、半サイクルの番号に等しい。

【 0 0 2 1 】

【 数 4 】

$$j3 = 0 \dots \text{last} - \text{window}$$

$$\text{count}_{j3} = \text{if}(\text{prev}_{j3} \cdot \text{prev}_{j3+1} = \text{thresh}^2, 1, 0)$$

$$\text{level} = \sum_{j3} \text{count}_{j3}$$

$$\text{level} = \text{if}(\text{level} \geq 1, \text{level} + 1, \text{level})$$

図4Eのデータにおいて、この手順は、7回の半サイクル (level = 7) を計算している。定量化における最終的なステップとして、差分図の周期変化の間隔 (period値) は、データポイントの番号 (last値)、データポイントの間の間隔 (δ 値) 及び半サイクルの数 (level値) を用いて、以下の如く計算される。

【 0 0 2 2 】

【 数 5 】

$$\text{period} = 2 \cdot \text{last} \cdot \delta / \text{level}$$

図4のデータにおいて、計算された周期は、3.605キロメートルであった。

【 0 0 2 3 】

図4を得るために用いられる特定の”window”及び”threshold”の値は、図示のためだけに用いられるものである。より一般的には、図4に示される以外の公知の技術である各種の定量化手段が、周期挙動に対して差分図（若しくは他のMFDを表すデータ）を分析するために使用し得る。例えば、傾斜値（例えば $|y_m|$ 値）は、実験的に得られ、十分な変化が差分図にあるか確認するた閾値が差分図に適用される（slope threshold）。また、MFD値は実験的に得られ、そして、最小のMFD差（すなわち、ファイバの最大MFD値と最小MFD値との差）は、周期挙動解析のための前提条件として用いられ得る。

#### 【0024】

実行された周期パターンの定量化は、PMDの高いレベルを有するファイバを識別して、品質管理工程を確定するために使用され得る。本目的のために使用され得るパラメータは、周期パターンの間隔、パターンの最大傾斜、パターンの最小傾斜及びパターンの最大ピークとピークの差である。これらのパラメータの組合せは、許容されない製品を識別する際に使用され得る。

#### 【0025】

例えば、以下の基準は、許容できるPMDレベルを有するファイバ（例えば、図2に示されるタイプの差分図を有するファイバ）から、許容できないPMDレベルのファイバ（例えば、図3に示されるタイプの差分図を有するファイバ）を区別するのに適していると判る。0.02dB/kmの閾値を使用して、図4のステップによって決定される周期が、1.5キロメートルから10キロメートルの範囲内であるならば、このファイバは拒絶される。本基準を適用する際に、ファイバは、0.025dB/kmより大きい $|y_m|$ 値及び少なくとも0.04ミクロンのMFD差分値を有すると最初に決定される。

#### 【0026】

他の定量的な基準は、当業者であれば、本開示に基づいて、特定のファイバ毎に決めることができる。一般に、この種の基準は、各種のファイバのPMD値を計測して、さらにそれらのファイバの差分図の定量的な基準を計測して、PMD値を定量的な基準に関連させることによって決められる。

上記したように、データはファイバの比較的短い長さ、例えば約1キロメートル

ルといったファイバから出力される。比較的小さい輸送スプール (shipping spool) 上へ巻かれた後に、この測定は行われる。この巻き取りは、より大きなバックスプール若しくは線引き装置から直接行われる。ある場合、周期間隔は、大きいため、ファイバの短い長さでは明瞭にならない。このような場合、全てのガラス・ブランクから線引きされるファイバにおいて、さらに長い長さを用いて引き出されるデータからMFD図を作成して、このデータから周期を決定してもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

このような測定を行う1つの方法としては、OTDRを用いたシングルブランクから個々にファイバの小さなリールを測定して、ファイバの個々のリールについてMFD図を生成することである。全てのブランクがこのような方法で計測されたあと、ファイバの各リールからのデータの追加の処理が、データを入力したオフラインのコンピュータによって実行され、全ブランクについて1つのMFD図を表す値の第4群の値を生成する。周期の決定は、この全ブランク地図及びブランク領域、すなわちファイバのいくつかのリール分について行って、周期的な挙動が識別されることを含む。

#### 【 0 0 2 8 】

周期パターンは、PMD特性を必ずしも決定的に推測し得るものではないことに留意する必要がある。例えば、あるファイバは、周期的に見えるが、低いPMD値を有し得る。例えば、前述のガーンハム氏の特許に記載されているタイプのリプルは、高いPMDレベルでないが、周期パターンを有するファイバである。作用については、いかなる特定の理論によっても拘束されるものではないが、これは、製品のタイプ及び製造設備に依存すると考えられている（例えば、ある炉のタイプは、他よりも周期図と高いPMDとの間に良好な相互関係を有する）。加えて、高いPMDの全ての例における根本的な原因は、公知ではない。これらの原因の幾つかは、差分図の均一性（MFD図の一様性）に関連するものではない。故に、この種の図における周期パターンを捜すことによっては識別できない。本開示は、当業者であれば、周期パターンがPMDレベルを予測させる場合であっても、また、させない場合であっても識別させるのである。

## 【 0 0 2 9 】

ここで記載されている数値演算は、各種コンピュータ及びソフトウェアを使用して実行され得る。例えば、これらの動作は、マサチューセッツ州ケンブリッジのマス・ソフト (MathSoft) 社から市販されているマス・キャド (MATHCAD) 及びプログラム製造業者の詳細に従ってプログラムを実行することの可能なコンピュータを使用して行うことができる。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の好適な及び他の実施例を前述したが、更なる実施例は当業者によって、以下の請求項に記載の本発明の範囲から見出され得る。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 OTDRによって生じた後方散乱を示す図である。

【図 2】 PMDの低いレベルを有するファイバの差分を示す図である。

【図 3】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分を示す図である。

【図 4 A】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分図における周期的な性質を定量化するための手順を示す図である。

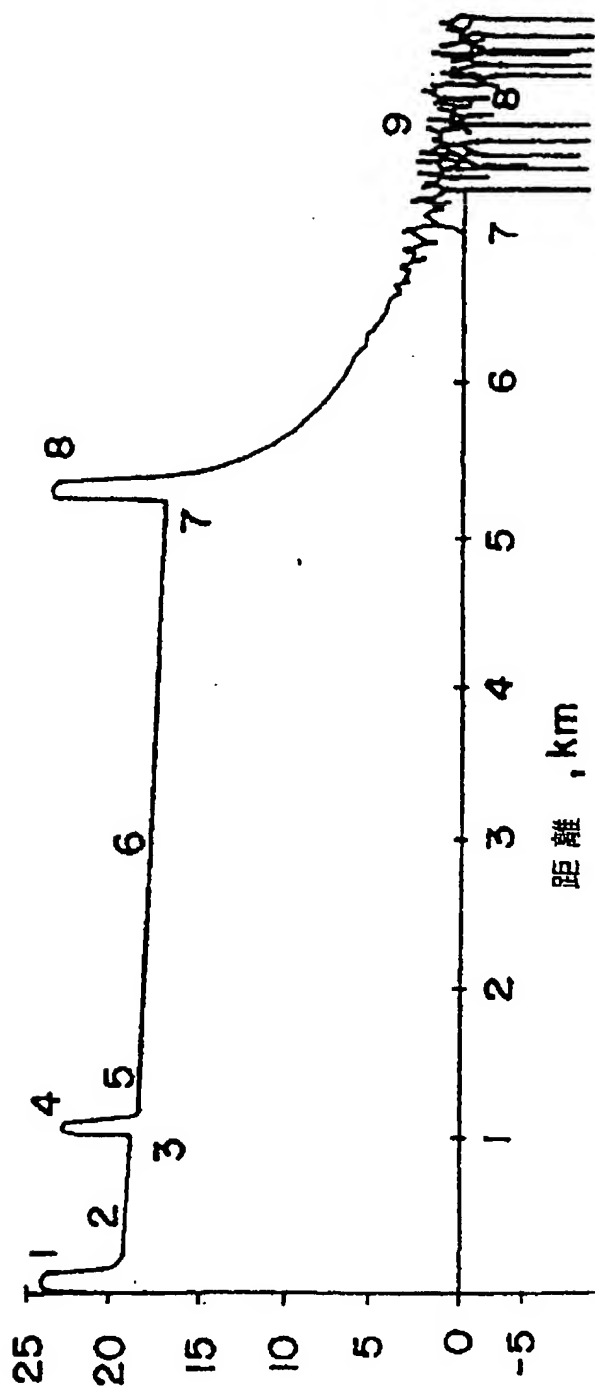
【図 4 B】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分図における周期的な性質を定量化するための手順を示す図である。

【図 4 C】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分図における周期的な性質を定量化するための手順を示す図である。

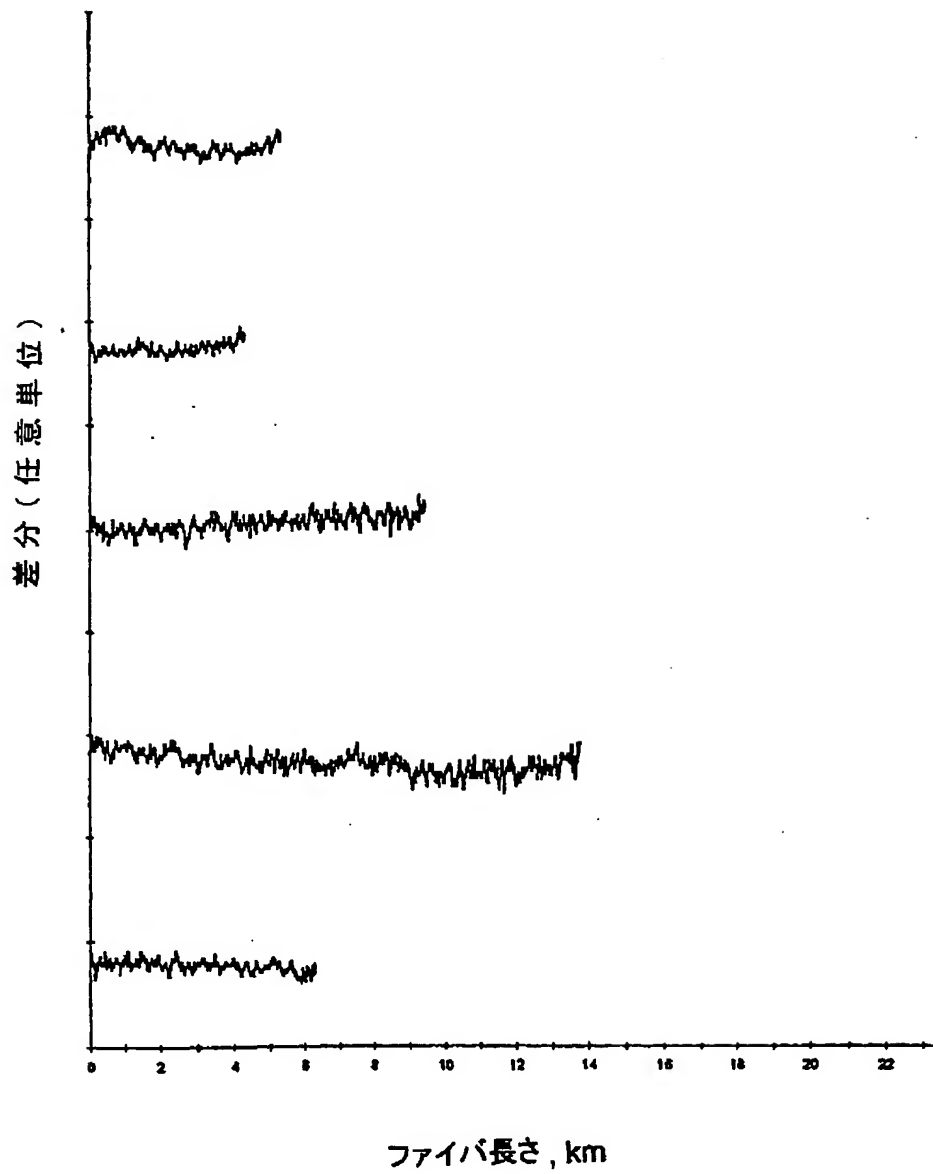
【図 4 D】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分図における周期的な性質を定量化するための手順を示す図である。ここで、実線は $y_{t,j}$ 値、点線は $y_{m,j}$ 値である。

【図 4 E】 PMDの高いレベルを有するファイバの差分図における周期的な性質を定量化するための手順を示す図である。ここで、実線は $y_{t,j}$ 値、点線は $p_{rev,j}$ 値である。

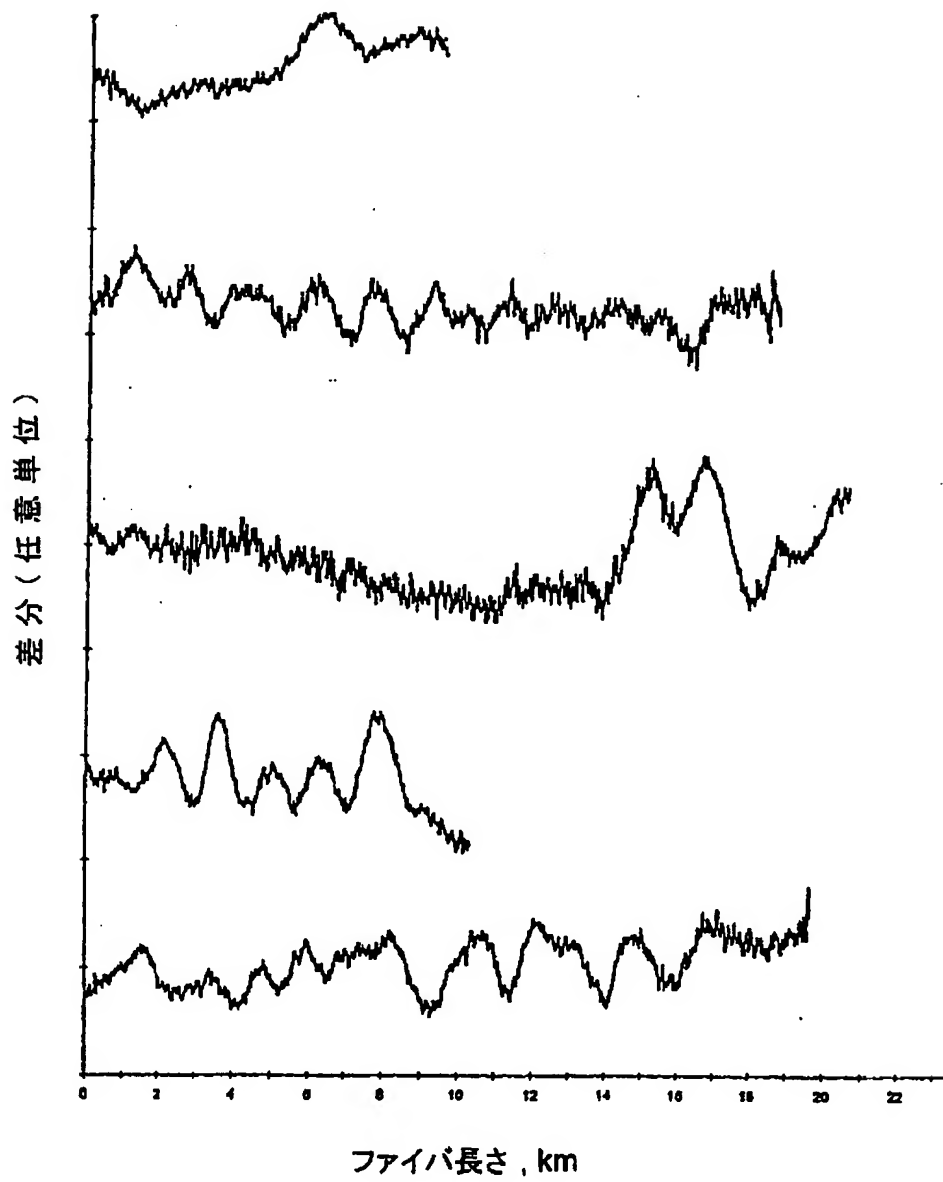
【 图 1 】



【 図 2 】



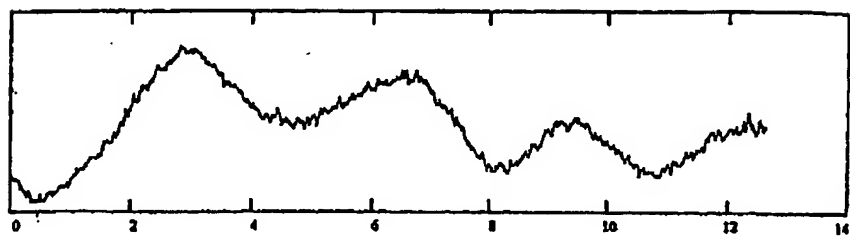
【 図 3 】





【 図 4 A 】

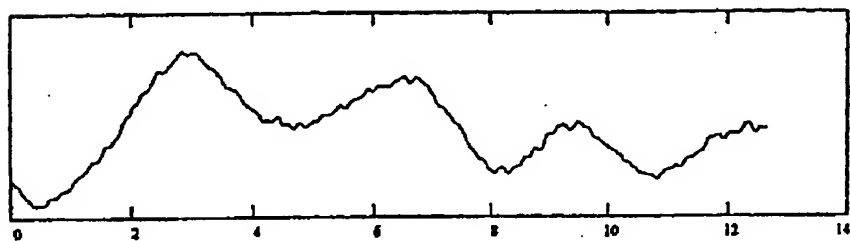
生の差分図



ファイバ長さ, km

【 図 4 B 】

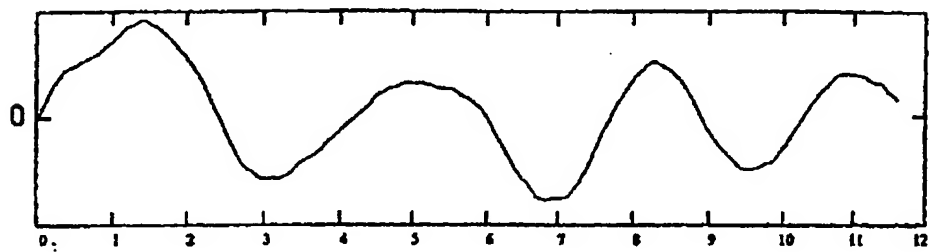
スムージングされた差分図



ファイバ長さ, km

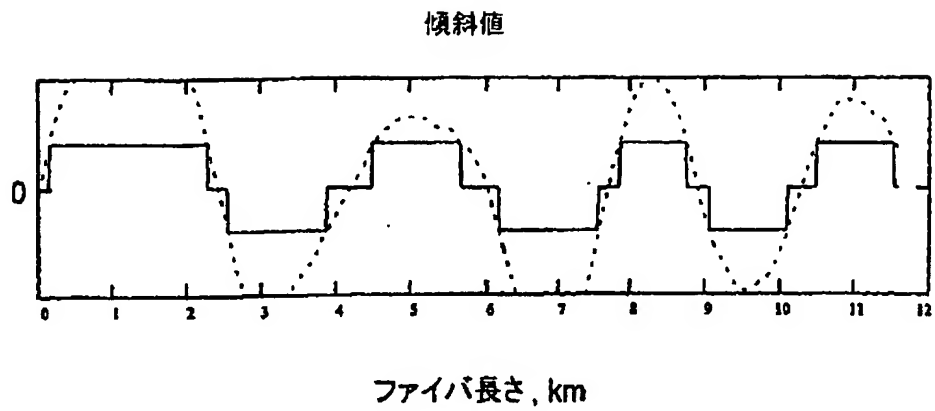
【 図 4 C 】

傾斜値

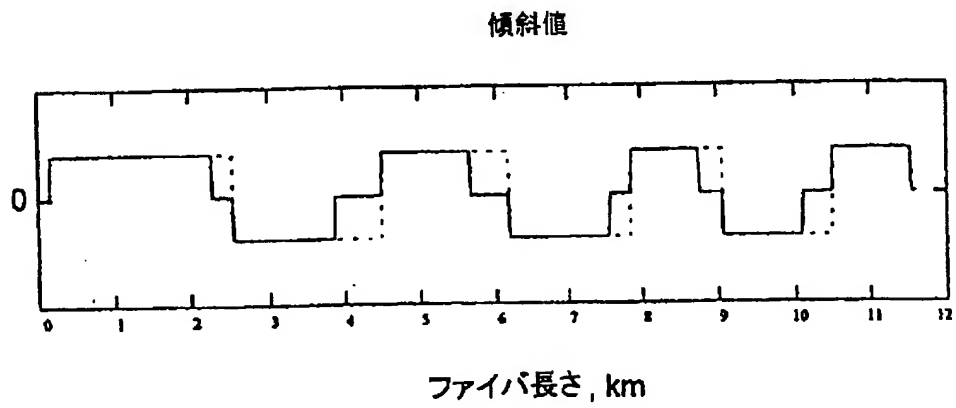


ファイバ長さ, km

【 図 4 D 】



【 図 4 E 】



【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年2月18日(2000.2.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 光ファイバの偏波モード分散の高いレベルを検出する方法であつて、

a) 光学的時間領域反射率計(OTDR)を使用して光ファイバの第1の端部に光を照射するステップと、

b) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの前記第1の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第1群の値を生成するステップと、

c) OTDRを使用して光ファイバの第2の端部に光を照射するステップと、

d) ファイバからOTDRへ反射されて戻る光を検出して、ファイバの前記第2の端部からファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、検出された反射光の振幅からなる第2群の値を生成するステップと、

e) 前記第1群の値及び前記第2群の値から、ファイバの長さ方向に沿ったファイバのモードフィールド直径の変化を示す値である第3群の値を形成するステップと、

f) ファイバの長さ方向に沿った距離の関数として、少なくとも1つの所定の特徴を有し且つ高いレベルのPMDを示す前記第3群の値の周期パターンを検出するステップと、

からなることを特徴とする光ファイバの高いレベルの偏波モード分散を検出する方法。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US98/16920

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(6) : G01N 21/84, 21/88 US CL : 356/73.1 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 356/73.1, 345 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,652,715 A (HANSON) 29 July 1997 (29-07-97), see entire document.	1-8
Y	US 5,479,251 A (HANSON) 26 December 1995 (26-12-95), see entire document.	1-8
Y	US 4,838,690 A (BUCKLAND et al) 13 June 1989 (13-06-89), see entire document.	1-8
Y	US 4,997,277 A (HORIGUCHI et al) 05 March 91 (05-03-91), see entire document.	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier documents published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 SEPTEMBER 1998		Date of mailing of the international search report 20 OCT 1998
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer FRANK G. FONTANA Telephone No. (703) 308-4881

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)\*

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY,  
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I  
T, LU, MC, NL, PT, SE), AL, AM, A  
T, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA  
, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES,  
FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, I  
L, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC  
, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, R  
O, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ  
, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU,  
ZW